

اندازه گیری ضریب شکست غیرخطی در شیشه های آلائیده به بلورهای نیم رسانا

محمد تقی توسلی^۱، حمیدرضا محمدی خالصی فرد^۲

۱. مرکز تحصیلات تکمیلی در علوم پایه، گاوهر زنگ، زنجان

۲. دانشگاه تهران، گروه فیزیک

۳. دانشگاه شیراز، بخش فیزیک

پذیرش برای انتشار: ۱۰ اسفندماه ۷۴

دریافت: ۲۵ دی ماه ۷۴

چکیده: در این مقاله با استفاده از آزمایش پمپ - کاوه، با دو روش جدید، ضریب شکست غیرخطی شیشه های $OG\ 550$ اندازه گیری شده است. این شیشه ها از نوع شیشه های آلائیده به بلورهای نیم رسانا هستند. اساس اندازه گیری، تحلیل نقش تداخلی موجهای باز تابیده کاوه از دو سطح تیغه نمونه است که توسط باریکه پمپ تحریر می شوند.

۱- مقدمه

از جمله کمیت های مورد توجه در اپتیک غیرخطی ضریب شکست غیرخطی است. در حالت کلی ضریب شکست به صورت زیر تعریف می شود

$$n = n_0 - n_p I \quad (1)$$

که در آن n ضریب شکست معمولی، I شدت میدان اپتیکی اعمال شده بر محیط و n_p ضریب شکست غیرخطی است.

تاکنون چند روش برای تعیین n_p ارائه شده است که تداخل سنجی [۱، ۲، ۳]، آمیزش تبهگن چهارموج [۴، ۵، ۶] و جاروب z [۷، ۸] از جمله این روشها هستند. در تداخل سنجی، نمونه در یکی از بازوهای تداخل سنج (مایکلسون، تویمان - گرین، فابری - پرو، و ...) قرار می گیرد و بر اثر برخورد باریکه پمپ به نمونه و یا بالابردن توان باریکه ورودی، فریزهای تداخلی جابه جا می شوند. تغییر ضریب شکست تابع این جابه جایی است. میلان، ودوتا، و همکارانشان [۱، ۳] برای این منظور از تداخل سنج مایکلسون استفاده کرده اند، اولبریت و پیغمبریان [۲]، در بررسی شیشه های آلائیده به بلورهای نیم رسانا، تداخل سنج تویمان - گرین را به کار برده اند. در روش آمیزش تبهگن چهارموج، معمولاً مقدار X (پذیرفتاری مرتبه ۳) با اندازه گیری شدت سیگنال همیوگ فاز تعیین می شود، که خود متناسب با ضریب شکست غیرخطی است. جین و لیند [۴] و روسیئل و همکارانش [۵، ۶] این روش را به منظور مطالعه شیشه های آلائیده به بلورهای نیم رسانا مورد استفاده قرار

داده اند. شیخ بها و همکارانش [۷، ۸] از روش جاروب z جهت تعیین n_p در نمونه هایی از CS_p ، BaF_2 ، و $ZnSe$ استفاده کرده اند. در این روش از خاصیت خودهمگرایی و یا خودواگرایی نمونه غیرخطی استفاده می شود.

روشهای تداخل سنجی و آمیزش تبهگن چهارموج از روشهای دقیق اندازه گیری n_p هستند، ولی در هر دو روش وسایل دقیق و حساس اپتیکی لازم است. همچنین قطعات نوفه ایجاد می کنند. به علاوه، قراردادن نمونه در تداخل سنج، گستره زاویه میان باریکه پمپ و کاوه را محدود می کند. در روش جاروب z باریکه لیزر توسط باریکه شکن به دو باریکه تقسیم می شود. یک باریکه مستقیماً به یک آشکارساز می رود و باریکه دوم پس از عبور از نمونه، به آشکارساز دیگری برخورد می کند. بر اثر افزایش شدت و بروز پدیده خودهمگرایی (یا خودواگرایی)، نسبت شدت سیگنالهای ثبت شده توسط دو آشکارساز تغییر می کند و با استفاده از این تغییر، ضریب شکست غیرخطی محاسبه می شود. در این روش وجود جذب غیرخطی در نمونه (که معمولاً وجود دارد)، باعث کاهش دقت اندازه گیری می شود.

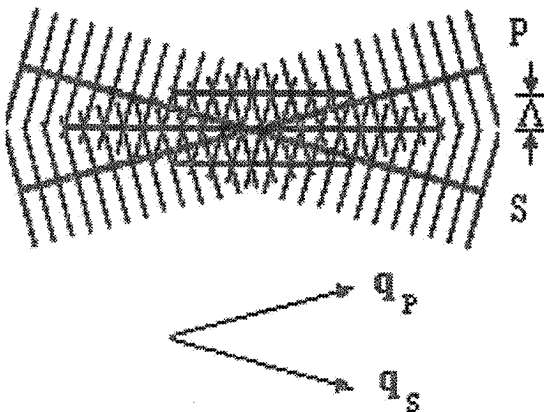
در این مقاله دو روش جدید جهت تعیین ضریب شکست غیرخطی ارائه می شود. در یک روش اساس کار تحلیل نقش تداخلی دو سطح موج باز تابیده کاوه از دو سطح تیغه مورد آزمایش در حضور باریکه پمپ است. در روش دوم، تداخل موج پراشیده از توری فازی که در نتیجه آمیزش باریکه های پمپ و کاوه به وجود می آید، با موج کاوه تحلیل می شود. این آزمایشها بر روی شیشه های $OG550$ شرکت شات انجام شده اند که از نوع شیشه های آلائیده به

۲-۲ آمیزش دو موج

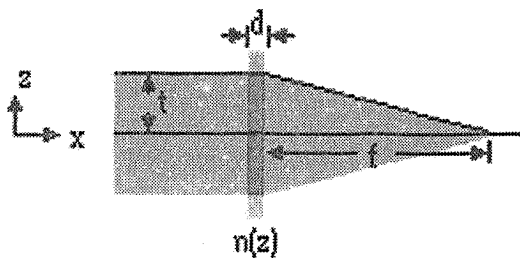
هنگامی که دو سطح موج همدوس با هم برخورد کنند یک نقش تداخلی تشکیل می شود (شکل ۲). اگر تداخل در محیطی غیرخطی انجام شود، توری فازی با دوره تناوب زیر در محیط تشکیل می شود [۱۱]

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2 \sin(\theta/2)} \quad (5)$$

که در آن θ زاویه میان امتدادهای انتشار دو سطح موج تداخل کننده است. در پدیده آمیزش دو موج [۱۱، ۱۲]، هریک از موجهای سازنده توری توسط خود توری پراشیده می شوند. در صورتی که توری تشکیل شده حجمی باشد، پراش از آن تابع قانون براگ است. هنگامی که ضخامت توری خیلی کمتر از اندر فریز (پهنای نوارهای تداخلی) باشد، توری نازک به حساب می آید و پراش از آن تحت رژیم رامان - نات صورت می گیرد [۱۱، ۱۲]. چون در نقش تداخلی دو سطح موج تخت، مکان هندسی نقاط هم شدت (صفحه های توری) بر صفحه های موازی با نیمساز زاویه بین بردارهای انتشار موج منطبق است، برای برقراری شرط براگ (پایستاری تکانه خطی) لازم است موجهای پراشیده مطابق با شکل ۲، در امتدادهای انتشار دو موج تداخل کننده منتشر شوند (بازتاب آینه ای از صفحه های توری).



شکل ۲. تشکیل توری با دوره Λ در نتیجه تداخل دو سطح موج تخت P و S با بردارهای موج q_p و q_s در یک محیط غیرخطی. خطهای پررنگ افقی مقاطع صفحه های توری را با صفحه کاغذ نشان می دهند.



شکل ۳. کانونی شدن یک باریکه توسط تیغه ای که ضریب شکست در مرکز آن بیشتر از سایر نقاط است.

بلورهای نیم رسانای CdS_xSe_{1-x} ($0 < x < 1$) هستند. میکرو بلورهای CdS_xSe_{1-x} ، در این شیشه ها به صورت نقاط کوانتومی با ابعادی بین چند ده تا چند صد آنگستروم تشکیل می شوند. اندازه این میکرو بلورها توسط عملیات گرمایی کنترل می شود [۹]. چون فاصله ترازهای انرژی این نقطه های کوانتومی (سیستم های محصور) به ابعاد آنها بستگی دارد، این نوع شیشه ها برای ساخت لیزر با طول موج مشخص مورد توجه اند. همچنین به دلیل داشتن پذیرفتاری مرتبه سه (X^3) نسبتاً بزرگ و کوتاه بودن زمانهای واهلش پدیده های غیرخطی در آنها (از مرتبه 10^{-12} ثانیه)، این ساختارها می توانند به عنوان کلیدهای منطقی فوق سریع مورد توجه باشند [۱۰].

در بخش ۲ این مقاله، مبانی نظری اندازه گیریها، شامل تداخل در تیغه با سطوح موازی، آمیزش دو موج در محیط غیرخطی، و پدیده خود همگرایی در تیغه نازک بررسی می شوند. در بخشهای ۳ و ۴ شرح آزمایشها و نتایج به دست آمده ارائه می شود. در بخش ۵ نتایج مورد بحث و بررسی قرار می گیرند.

۲- مبانی نظری اندازه گیری

۲-۱ بازتاب از تیغه ای با سطوح موازی

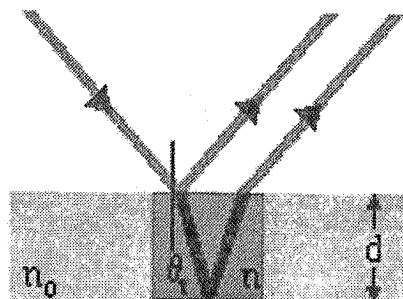
هنگامی که باریکه نوری به یک تیغه با سطوح موازی موازی برخورد می کند، بین دو باریکه بازتابیده از دو سطح آن اختلاف فازی برابر مقدار زیر تولید می شود

$$\phi = \frac{4\pi d}{\lambda} n \cos \theta_i + \pi \quad (2)$$

که در آن λ طول موج باریکه فرودی در خلأ و n ضریب شکست معمولی تیغه در این طول موج است. در صورتی که ناحیه ای با ضریب شکست n مطابق با شکل ۱ در این تیغه وجود داشته باشد، و باریکه فرودی با زاویه نزدیک به عمود به تیغه برخورد کند، تفاوت اختلاف فاز ناشی از وجود این ناحیه برابر است با

$$\Delta \phi = \frac{4\pi d}{\lambda} \Delta n \quad (3)$$

که در آن $\Delta n = n - n_0$ اختلاف ضریب شکست بین دو ناحیه تیغه است. این تغییر اختلاف فاز، باعث جابجایی فریزها در ناحیه متناظر در نقش تداخلی دو باریکه می شود.



شکل ۱. بازتاب از یک تیغه با ضریب شکست n ، شامل لایه ای با ضریب شکست n_0 .

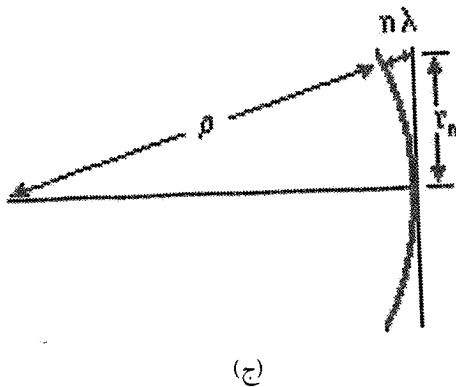
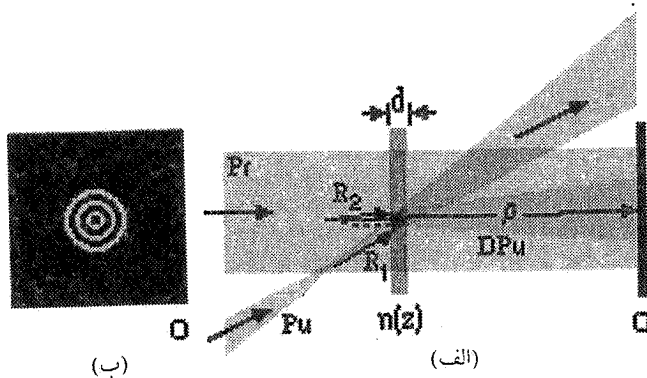
تداخلی این دو باریکه ظاهر می شود. چون سطح موج باریکه پراشیده کروی است، نقش تداخلی به صورت فریزهای دایره ای هم مرکز خواهد بود. با اندازه گیری شعاعهای فریزهای دایره ای، شعاع انحنای سطح موج کروی پراشیده روی صفحه O به دست می آید. با توجه به شکل ۴ (ج) رابطه میان شعاع فریز n ام (r_n) و شعاع انحنای سطح موج کروی، ρ ، به صورت زیر به دست می آید

$$\rho = \frac{(n\lambda)^2 + r_n^2}{2n\lambda} \approx \frac{r_n^2}{2n\lambda} \quad (10)$$

شعاع انحنای این سطح موج روی تیغه با داشتن L ، فاصله تیغه از صفحه O ، برابر است با

$$R = \rho - L \quad (11)$$

بنابراین، با اندازه گیری شعاع فریزها می توان شعاع انحنای سطح موج را روی تیغه به دست آورد.



شکل ۴. (الف) پراش باریکه پمپ از توری که در نتیجه آمیزش باریکه های پمپ و کاوه درون تیغه به وجود آمده است. Pu ، باریکه پمپ، Pr ، باریکه کاوه، و DPU باریکه پراشیده شده پمپ است. (ب) نقش تداخلی حاصل از تداخل باریکه پراشیده شده پمپ و باریکه کاوه روی صفحه مشاهده O . (ج) تشکیل فریز دایره ای n ام با شعاع r_n به دلیل اختلاف راه $n\lambda$ بین سطح موجهای کروی و تخت.

۳-۲ پدیده خودکانونی

هنگامی که یک باریکه لیزر پرتوان با توزیع شدت گاوسی وارد محیطی غیرخطی می شود، در مقطع مسیر خود ضریب شکست را به صورت گاوسی تغییر می دهد. بسته به مثبت یا منفی بودن تغییر ضریب شکست، پدیده خود همگرایی یا خودواگرایی اتفاق می افتد. اگر این پدیده در تیغه ای اتفاق بیفتد که در آن تغییر قطر باریکه در ضخامت تیغه ناچیز است، تیغه معادل یک عدسی نازک است.

اکنون فرض می کنیم که باریکه نوری با طول موج λ ، موازی با محور اپتیکی چنین تیغه ای با آن برخورد کند (شکل ۳). مطابق اصل فرما، شرط جمع شدن نور در کانون عدسی عبارت است از

$$(f^2 + t^2)^{1/2} - f = d\Delta n \quad (6)$$

که در آن $\Delta n = n(0) - n(t)$ تفاوت ضریبهای شکست در نقاط $z = t$ و $z = 0$ است. با توجه به اینکه $f \gg t$ است فاصله کانونی معادل است با

$$f = \frac{t^2}{2d\Delta n} \quad (7)$$

هنگامی که یک سطح موج کروی با شعاع انحنای R_1 به عدسی نازکی با فاصله کانونی f برخورد می کند، پس از عبور از عدسی شعاع انحنای آن، R_2 ، از رابطه زیر به دست می آید

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{f} \quad (8)$$

با استفاده از روابط (۷) و (۸) تغییرات ضریب شکست را می توان بر حسب R_1 و R_2 نوشت، که هر دو کمیت های قابل اندازه گیری هستند

$$\Delta n = \frac{t^2}{2d} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (9)$$

اکنون فرض می کنیم سطح موجی عملاً تخت و با توان کم، به گونه ای که هیچ اثر غیرخطی در محیط تولید نکند (باریکه کاوه)، به یک تیغه نازک غیرخطی برخورد کند. همچنین باریکه ای پرتوان (پمپ) و همدوس با کاوه مطابق با شکل ۴ (الف) نیز بر تیغه فرود آید. برای تیغه نازک، قطر باریکه پمپ در تیغه عملاً ثابت است. بنابه مطالب بخش ۲-۲، تداخل باریکه های کاوه و پمپ، یک توری فاز در تیغه القا می کند و هریک از باریکه های کاوه و پمپ توسط این توری پراشیده می شوند. ولی چون توان باریکه کاوه خیلی از توان باریکه پمپ کمتر است، از پراش اولی می توان صرف نظر کرد. باریکه پمپ تحت شرایط براگ، از این توری در جهت انتشار موج کاوه پراشیده می شود [شکل ۴ (الف)] باریکه پراشیده با باریکه کاوه همدوس است، بنابراین روی صفحه مشاهده O نقش

۳- آزمایشها

آزمایشهای بالا برای دو نمونه خطی، یک نوع شیشه بوروسیلیکاتی و شیشه کوارتز تکرار شد. تداخل نگاشتهای شکلهای ۶ (ه) و ۶ (و) مربوط به شیشه کوارتز است.

۴- نتایج

شکل ۶ نشان می‌دهد که بر اثر برخورد باریکه پمپ به شیشه‌های OG550 دو پدیده متفاوت اتفاق می‌افتد. جابه‌جایی فریزهای خطی برای هر دو حالت قطبیدگی باریکه‌های پمپ و کاوه (موازی و عمود بر هم)، در نمونه OG550 مشاهده می‌شود. ولی فریزهای دایره‌ای تنها در حالت قطبیدگیهای موازی قابل مشاهده هستند. این امر طبیعی است، چون برای قطبیدگیهای عمود بر هم، توری تشکیل نمی‌شود. بیشینه جابه‌جایی فریزهای خطی در هر دو مورد برابر با π (۱ ± ۰) شد که از رابطه (۳)، Δn متناظر با آن قابل محاسبه است.

در مورد نمونه‌های خطی، مانند شیشه‌های بوروسیلیکاتی و کوارتز، تنها فریزهای دایره‌ای برای حالت قطبیدگیهای موازی دیده می‌شوند و جابه‌جایی فریزهای خطی در هیچ‌یک از حالتها محسوس نیست.

در آزمایشهای مربوط به تعیین طول عمر پدیده‌های غیرخطی، مشاهده شد که برای مسیرهای تأخیری بلندتر از ۳ متر هیچ‌یک از پدیده‌های مذکور ظاهر نمی‌شوند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که طول عمر پدیده‌ای که فریزهای خطی را جابه‌جا می‌کند، از طول تپهای لیزر کوتاهتر است. در نتیجه، این پدیده از نوع پدیده‌های غیرخطی الکترونی است و نمی‌تواند از نوع پدیده‌های گرمایی باشد، زیرا طول عمر پدیده‌های گرمایی بزرگتر از 10^{-6} ثانیه است [۱۵].

طرح کلی آزمایشها در شکل ۵ آمده است. در این آزمایشها از هماهنگ دوم یک لیزر Q-سوئیچ Nd-YAG با طول تپ ۸ ns و انرژی ۴۰ mJ بر تپ و با آهنگ تکرار ۱ Hz به عنوان چشمه نور استفاده شده است. نقشهای تداخلی توسط یک CCD با تعداد 375×342 پیکسل حساس در سطحی به ابعاد 56×86 mm ثبت شده‌اند. باریکه‌شکن قطبشی PBS، در شکل ۵ باریکه‌لیزر را به دو باریکه با قطبیدگیهای موازی و عمودی نسبت به صفحه فرود تقسیم می‌کند. باریکه کاوه توسط BS2 از باریکه‌ای که قطبیدگی آن عمود بر صفحه تابش است جدا می‌شود. باریکه‌های پمپ توسط یک عدسی با فاصله کانونی ۸۰ cm روی نمونه متمرکز می‌شوند. قطر لکه باریکه‌های پمپ روی نمونه 1.5 ± 0.2 mm است. فریزهای بازتابی باریکه کاوه در سه حالت مختلف برای نمونه‌هایی از شیشه‌های OG550 به ضخامت ۱ mm ثبت می‌شوند:

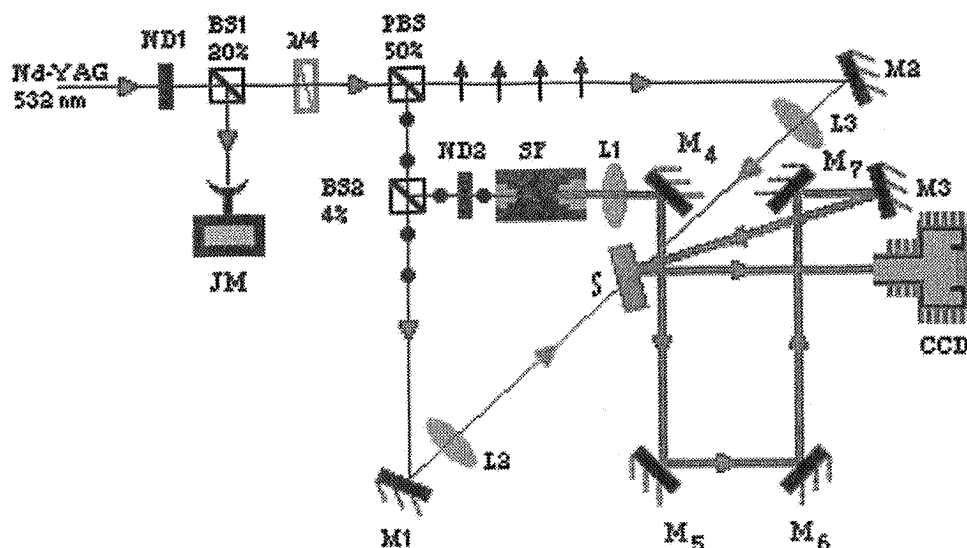
الف) هنگامی که تنها باریکه کاوه به نمونه برخورد می‌کند [شکلهای ۶ (الف) و ۶ (ج)].

ب) هنگامی که باریکه پمپ با قطبیدگی موازی با قطبیدگی کاوه حضور دارد [شکل ۶ (ب)].

ج) هنگامی که باریکه پمپ با قطبیدگی عمود بر قطبیدگی کاوه حضور دارد [شکل ۶ (د)].

انرژی هریک از پمپها در این آزمایش ۲ mJ بر تپ است.

به منظور تعیین طول عمر پدیده‌ای که جابه‌جایی فریزها را ایجاد می‌کند، مسیر تأخیری $M_4 M_5 M_6 M_7$ سر راه باریکه کاوه قرار داده شد (شکل ۵). در یک سری آزمایش، طول مسیر به تدریج افزوده شد تا جابه‌جایی فریزهای خطی از میان رفت.



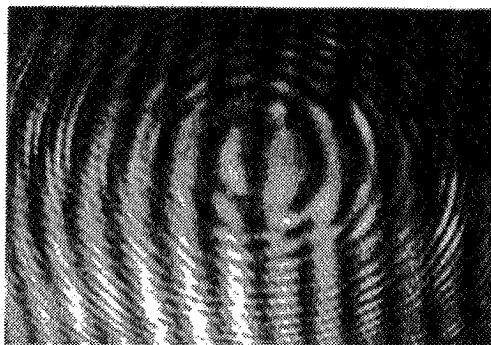
شکل ۵. نمودار طرحوار آزمایش. BS، باریکه‌شکن، JM، ژول متر، L، عدسی، M، آینه، ND، پالایه کاهنده شدت، PBS، باریکه‌شکن قطبشی، SF، پالایه فضایی، S، نمونه.

به منظور اندازه گیری تغییر ضریب شکست براساس پدیده خودهمگرایی، شعاعهای فریزهای دایره‌ای برای حالتی که بیشینه جابه‌جایی وجود داشت اندازه‌گیری شدند. بار دیگر هنگامی که با کاهش توان باریکه، پمپ جابه‌جایی محسوس نبود شعاع فریزها اندازه‌گیری شدند. سپس با استفاده از رابطه‌های (۱۰) و (۱۱) شعاعهای انحنای سطح موج کروی روی نمونه، در دو حالت (به ترتیب R_p و R_1) محاسبه شدند. مشاهده شد که در حضور پمپ با توان بالا، شعاع انحنای سطح موج افزایش می‌یابد ($R_p > R_1$) که نشاندهنده تغییر مثبت ضریب شکست است. با اندازه‌گیری شعاعهای فریزهای دایره‌ای، میانگین شعاع انحنای سطح موج کروی

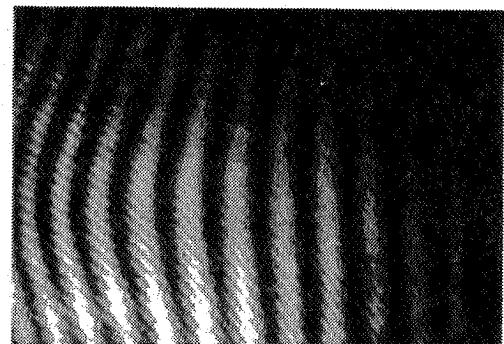
با استفاده از هر دو پدیده مشاهده شده و از دو روش مختلف، علامت و مقدار تغییرات ضریب شکست را می‌توان محاسبه کرد. با اندازه‌گیری جابه‌جایی فریزهای خطی در چندین آزمایش روی شیشه‌های OG550، و استفاده از رابطه (۳) تغییر ضریب شکست برابر مقدار زیر به دست آمد

$$\Delta n = (2.5 \pm 0.3) \times 10^{-4}$$

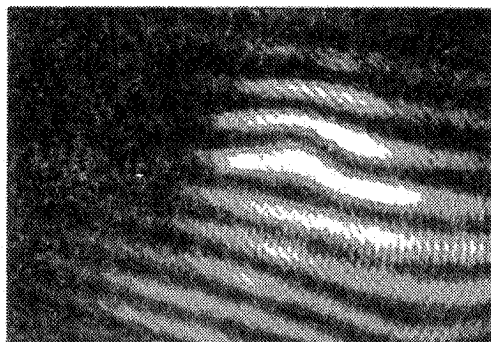
جهت جابه‌جایی فریزهای خطی نشان می‌دهد که تغییر ضریب شکست مثبت است.



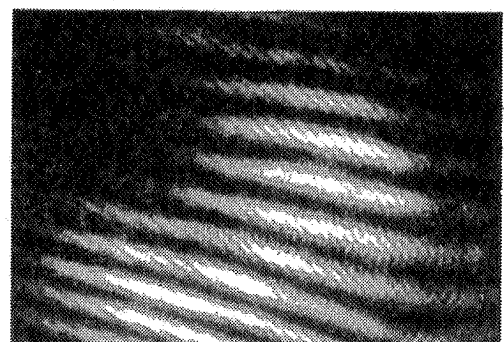
(ب)



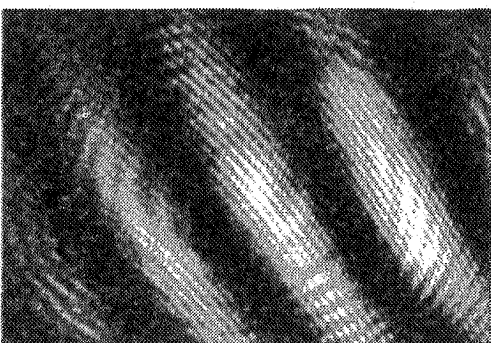
(الف)



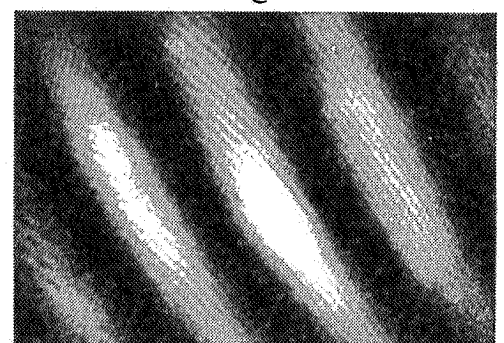
(د)



(ج)



(و)



(ه)

شکل ۶. فریزهای بازتابی کاوه در سه حالت مختلف، (الف) و (ج) در غیاب پمپ برای شیشه‌های OG550، (ه) در غیاب پمپ برای یک تیغه کوارتز، (ب) و (د) به ترتیب در حضور پمپ با قطبیدگی موازی و عمودی نسبت به قطبیدگی کاوه برای شیشه‌های OG550، (و) در حضور پمپ با قطبیدگی موازی نسبت به قطبیدگی کاوه برای یک تیغه کوارتز.

قبل از برخورد به نمونه (R_p) و بعد از عبور از نمونه (R_p) به دست آمد:

$$R_p = 4.0 \pm 0.2 \text{ cm}$$

$$R_p = 6.8 \pm 0.2 \text{ cm}$$

در رابطه (۹)، شعاع بخشی از مقطع باریکه پمپ روی نمونه است که در جهت کاوه پراشیده می‌شود. با توجه به آخرین دایره واضح روی صفحه CCD

$$t = 0.30 \pm 0.02 \text{ cm}$$

چون باریکه کاوه از سطح دوم تیغه بازتابیده می‌شود، سطح موج پراشیده دو بار قطر تیغه را طی می‌کند. بنابراین، در رابطه (۹)، d دو برابر ضخامت تیغه است. با در نظر گرفتن این مقادیر تغییر ضریب شکست برابر است با

$$\Delta n = (2.3 \pm 0.5) \times 10^{-2}$$

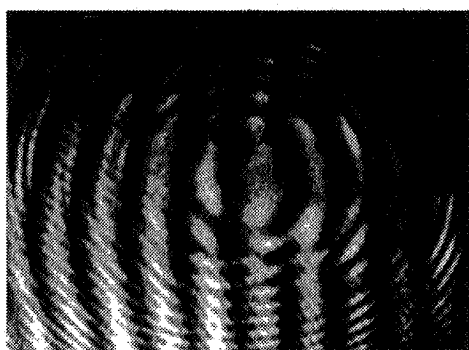
توان باریکه پمپ در این آزمایشها 10^4 W/cm^2 (0.2 ± 0.1) بود. در نتیجه برای دو روش فوق مقدار ضریب شکست غیرخطی به ترتیب برابر با $10^{-11} \text{ cm}^2/\text{W}$ (0.3 ± 0.1) و $10^{-11} \text{ cm}^2/\text{W}$ (0.5 ± 0.1) به دست می‌آید که به خوبی با هم سازگاری دارند.

تیرگی نوری

مشاهده شد پس از برخورد ۱۰۰ تپ پمپ (با توان مذکور)، به شیشه‌های OG۵۵۰ جابه‌جایی فریزهای خطی تا یک سوم مقدار بیشینه کاهش می‌یابد. شکل‌های ۷ و ۸ این پدیده را به ترتیب برای حالت‌هایی که قطبیدگیهای باریکه‌های پمپ و کاوه با هم موازی و عمود بر هم هستند نشان می‌دهند. منشأ این پدیده تیرگی نوری است که در این نوع شیشه‌ها اتفاق می‌افتد [۱۶، ۵]. اندازه‌گیری توان باریکه پمپ پس از عبور از نمونه نشان داد که وقتی نمونه تیره می‌شود، توان به ۳۰٪ مقدار قبل از تیره شدن نمونه کاهش می‌یابد. نمودارهای (الف) و (ب) شکل ۹، به ترتیب کاهش توان باریکه پمپ عبوری از نمونه و کاهش تغییر ضریب شکست را بر حسب تعداد تپ‌های پمپ نشان می‌دهند. نمودار ج در این شکل، نماینده $n_p = \Delta n/I$ بر حسب تعداد تپ‌های پمپ است که عملاً تغییری نشان نمی‌دهد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

(الف) تداخل نگاشت‌های شکل‌های ۶ تا ۸، به خوبی نشان می‌دهند که به منظور تعیین ضریب شکست غیرخطی، به جای استفاده از



(الف)



(ب)

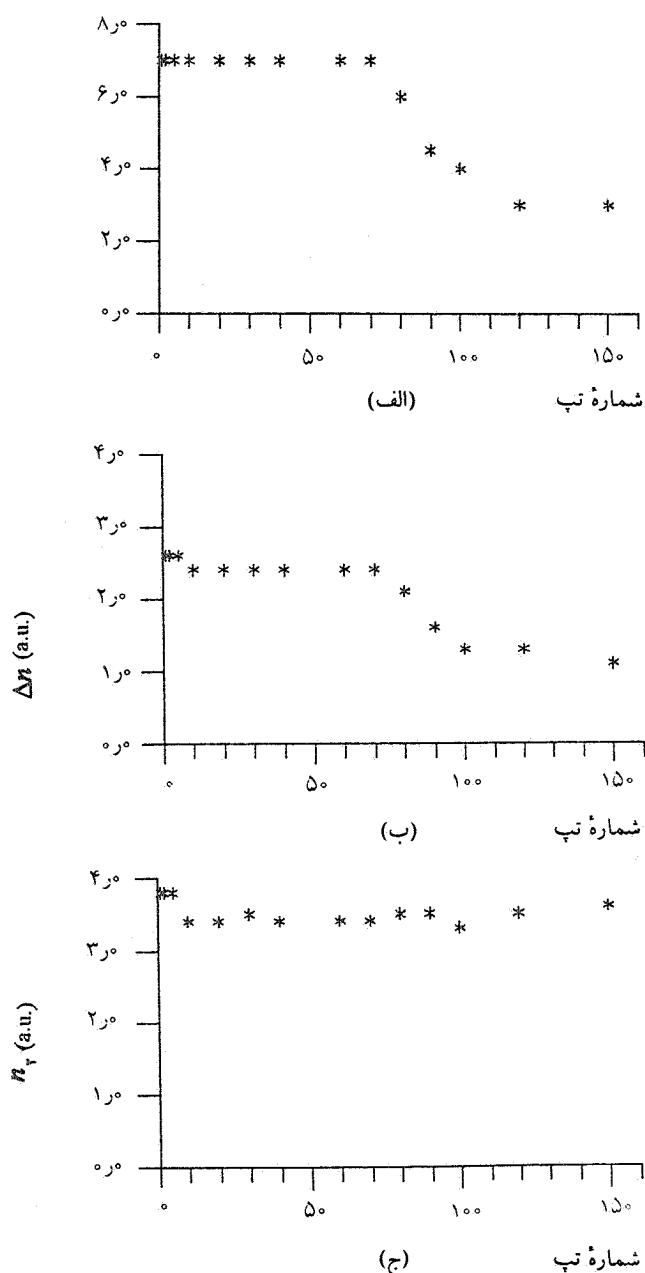


(ج)

شکل ۷. کاهش جابه‌جایی روی فریزهای کاوه، در مدت برخورد ۱۵۰ تپ پمپ بر اثر تیرگی فوتونی در شیشه‌های OG۵۵۰، هنگامی که قطبیدگی باریکه‌های کاوه و پمپ با هم موازی است: (الف) پس از برخورد اولین تپ، (ب) پس از برخورد ۸۰ تپ، (ج) پس از برخورد ۱۵۰ تپ.

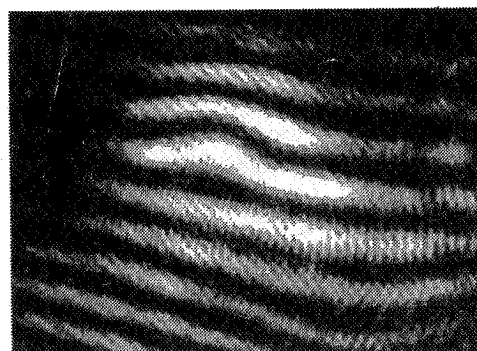
تداخل سنج‌های معمولی می‌توان از خود تیغه نمونه استفاده کرد. به این ترتیب تعداد قطعه‌های اپتیکی کاهش می‌یابد و به میزان قابل توجهی از نوفه‌ها و بازتاب‌های ناخواسته حذف می‌شود، علاوه بر این، زاویه بین باریکه‌های کاوه و پمپ در گستره ۱۸۰-۰ قابل تغییر است.

(ب) نشان داده شده که از روی تغییر شعاع فریزهای دایره‌ای حاصل از تداخل باریکه پمپ پراشیده از توری فازی ایجاد شده در نمونه و باریکه کاوه، می‌توان تغییر ضریب شکست را به دست آورد. حدود $\pi/10$ دقت

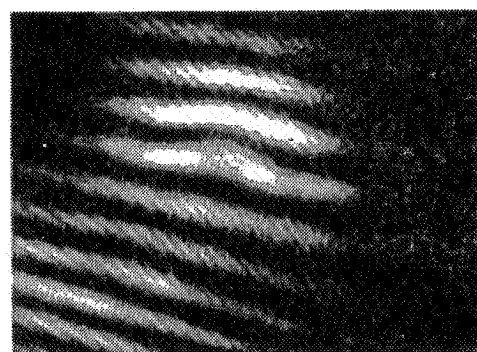


شکل ۹ (الف) تغییر توان باریکه پمپ پس از عبور از نمونه، (ب) تغییر ضریب شکست، (ج) ضریب شکست غیرخطی، برحسب تعداد تپهای پمپ، بر اثر تیرگی نوری.

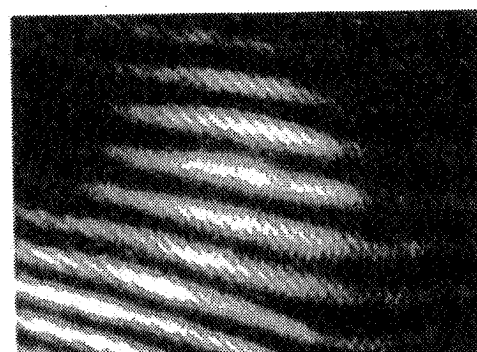
(ج) از هر دو روش مورد بحث در این مقاله، مقدار به دست آمده n_p برای شیشه های OG550 از مرتبه $10^{-11} \text{ cm}^2/\text{W}$ است. این مقدار نسبت به مقدارهای گزارش شده [۱۶، ۴، ۳] برای شیشه های آلاییده به بلورهای نیم رسانا، یک مرتبه کوچکتر است. دلیل این اختلاف این است که بیشترین تغییر ضریب شکست در لبه جذب (شکل ۱۰) این شیشه ها اتفاق می افتد [۴]. طول موج مورد استفاده در آزمایش (۵۳۲ nm) از لبه جذب (۵۵۰ nm) فاصله دارد. البته چگالی و اندازه میکروبلورها هم می توانند در مقدار n_p تأثیر داشته باشند.



(الف)



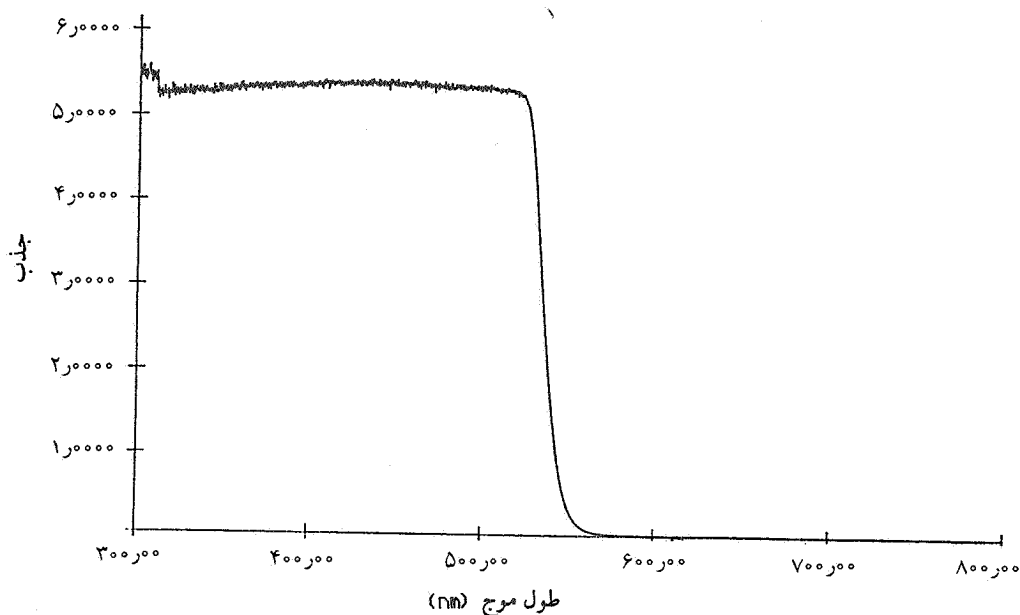
(ب)



(ج)

شکل ۸. کاهش جابه جایی روی فریزهای کاوه، در مدت برخورد ۱۵۰ تپ پمپ، بر اثر تیرگی فوتونی در شیشه های OG550، هنگامی که قطبیدگی باریکه های کاوه و پمپ بر هم عمود است: (الف) پس از برخورد اولین تپ، (ب) پس از برخورد ۸۰ تپ، (ج) پس از برخورد ۱۵۰ تپ.

در اندازه گیری فاز سطح موج کروی معادل با ۵٪ دقت در اندازه گیری ضریب شکست غیرخطی، در روش ارائه شده است. در صورتی که دقت اندازه گیری فاز به $\pi/50$ برسد، خطا روی n_p تا ۱٪ کاهش می یابد. در روش جاروب z اگر آشکارسازها قابلیت ثبت تغییر شدتی را دارا باشند که اختلاف فاز $\pi/50$ آن را ایجاد می کند، دقت روی n_p ۳٪ خواهد بود [۱۰]. علاوه بر این، در روش جاروب z ، وجود جذب غیرخطی در نمونه یک عامل مهم کم دقتی است، در حالی که در روش بازسازی سطح موج، به دلیل ثبت فاز، جذب غیرخطی در نتایج آزمایش بی تأثیر است.



شکل ۱۰. طیف جذبی شیشه‌های OG550 برای نمونه‌ای با ضخامت ۱ mm (طیف توسط طیف‌نگار نوری CARY-5 شرکت واریان ثبت شده است).

در پایان لازم به ذکر است که عامل مهم خطا در آزمایش بازسازی سطح موج کروی، نوسان و اگرایی باریکه لیزر است. در مرحله دیگر این طرح، با اندازه‌گیری همزمان شعاع انحنای سطح موج کروی قبل و بعد از برخورد به نمونه، توسط دو آشکارساز که با هم همزمان شده‌اند، این نوسانها حذف خواهند شد. همچنین انتظار می‌رود که با استفاده از تیغه‌های مناسبتر (توازی سطح از مرتبه ثانیه) بتوان اطلاعات بیشتری در مورد منشأ پدیده‌ای که فریزهای دایره‌ای را به وجود می‌آورد کسب کرد.

تشکر و قدردانی

مؤلفان بر خود لازم می‌دانند که از مسئولان مرکز تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان به خاطر اختصاص اعتبار طرح تحقیقاتی «بررسی خواص اپتیکی غیرخطی شیشه‌های رنگی»، شرکت شات آلمان، و شرکت صنایع الکترونیک ایران - شیراز به خاطر در اختیار گذاشتن برخی از نمونه‌ها تشکر و قدردانی کنند.

د) در نمونه‌های تیره شده نوری مشاهده شد که مقدار Δn به $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{3}$ مقدار آن در شیشه‌های تیره نشده کاهش می‌یابد. همانگونه که در قسمت قبل نیز اشاره شد، به دلیل بالا رفتن جذب بر اثر تیرگی نوری، از انرژی باریکه پمپ درون نمونه کاسته می‌شود. بنابراین کاهش Δn به دلیل کاهش توان پمپ در نمونه است و مقدار n_p عملاً ثابت می‌ماند [شکل ۹ ج].

ه) با استفاده از فریزهای دایره‌ای، طول تپهای لیزر را می‌توان تعیین کرد. فریزهای دایره‌ای هنگامی تشکیل می‌شوند که پمپ و کاوه هر دو همزمان در نمونه حضور داشته باشند. بنابراین تغییر طول مسیر تأخیری روی کاوه می‌تواند طول تپها را مشخص کند. با این روش طول تپهای لیزر 2 ± 0.8 ns به دست آمد که با مقدار آن در برگه مشخصات لیزر سازگاری دارد.

و) این نکته قابل توجه است که تشکیل توری فاز و به وجود آمدن تغییر کلی ضریب شکست، دو پدیده غیرخطی با دو منشأ مختلف هستند. تغییر ضریب شکست در شیشه‌های آلاییده به بلورهای نیم‌رسانا به دلیل پر شدن نوار انرژی [۱۱] به وجود می‌آید ولی توری می‌تواند بر اثر پدیده الکتروتنگش [۱۴] حتی در مواد خطی مثل شیشه بدون بلور نیز تشکیل شود. در چنین محیطهایی پدیده خودکانونی محسوس نیست ولی پراش براگ اتفاق می‌افتد. ثبت فریزهای دایره‌ای برای این محیطها معیار مناسبی برای اندازه‌گیری و اگرایی باریکه لیزر و همچنین تغییرات آن است. با این روش و اگرایی، باریکه لیزر مورد استفاده 35 ± 0.2 mrad به دست آمد.

1. D. Milan, and M. J. Weber; *J. Appl. Phys.*, 47 (1976)2497.
2. G. R. Olbright, and N. Peyghambarian; *Appl. Phys. Lett.*, 48, (1986)1184.
3. A. P. Veduta, and B. P. Kirsanov; *Sov. JETP*, 27 (1968)736.
4. R. K. Jain and R. C. Lind; *J. Opt. Soc. Am.*, 73 (1983)647.
5. P. Roussignol, D. Ricard, K. C. Rustagi and G. Flytzanis; *Opt. Commun*, 55 (1985)143.
6. P. Roussignol, D. Ricard, K. C. Rustagi and G. Flytzanis; *J. Opt. Soc. Am.*, B4 (1987)5.
7. M. Sheik-Bahae, A. A. Said, and E. W. van Stryland; *Opt. Lett.* 14 (1989)955.
8. M. Sheik-Bahae, A. A. Said, Tai-Hui Wie, D. J. Hagan, and E. W. van Stryland; *IEEE J. Quantum Electron*, 26 (1990)760.
9. N. F. Borrelli, D. W. Hall, H. J. Holland, and N. Smith; *J. Appl. Phys.*, 61 (1987)5399.
10. S. S. Yao, C. Karaguleff, A. Gabel, R. Fortenberry, C. Seatan, and G. I. Steagman; *Appl. Phys. Lett.*, 801 (1985).
11. N. Peyghambarian, S. Koch, and A. Mysrowics; "Introduction to Semiconductor Optics" Printice Hall, (1992).
12. F. Sanchez; *J. Opt. Soc. Am.*, B9 (1992)2196.
13. R. Guenther; "Modern Optics", John Wiley (1990).
14. Boyd, "Nonlinear Optics", John Wiley (1990).
15. A. Yariv, and R. A. Fisher; "Optical Phase Conjugation", Academic Press, (1983).
16. M. Kull, J-Louis Cautaz; *J. Opt. Soc. Am.*, B7 (1990)1463.